



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS
CIDADE UNIVERSITÁRIA DE LIMEIRA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP FACULDADE
DE CIÊNCIAS APLICADAS – FCA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Identificação e análise do modelo de negócios do novo setor de Veículos Aéreos Elétricos de uso Urbano (eVTOL)

ALUNA: Giovanna Matuura de Batista Souza

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcos José Barbieri Ferreira

LIMEIRA
Dezembro 2021

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas
Renata Eleuterio da Silva - CRB 8/9281

So89i Souza, Giovanna Matuura de Batista, 1998-
Identificação e análise do modelo de negócios do novo setor de Veículos
Aéreos Elétricos de uso Urbano (eVTOL) / Giovanna Matuura de Batista Souza. –
Limeira, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Marcos José Barbieri Ferreira.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Indústria aeronáutica. 2. Inovação. I. Ferreira, Marcos José Barbieri, 1968-.
II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. III.
Título.

Informações adicionais, complementares

Palavras-chave em inglês:

Aeronautical industry
Innovation

Titulação: Bacharel em Administração

Data de entrega do trabalho definitivo: 02-12-2021

Agradecimento

Gostaria de agradecer todo apoio do meu orientando Prof. Dr. Marcos José Barbieri Ferreira que me guiou durante todo o processo de desenvolvimento do projeto.

Resumo

Atualmente, observa-se uma crescente participação das tecnologias disruptivas, com destaque para as tecnologias da informação e comunicação (TICs), que englobam inteligência artificial, redes e internet das coisas; além da introdução de materiais avançados e das novas formas de armazenamento de energia. Essas tecnologias heterogêneas de forma integrada permitem o avanço de novas soluções, resultando em novos produtos e por consequência novos setores. Este avanço das inovações tecnológicas vem impactando o setor aeronáutico, levando ao desenvolvimento de um novo modelo de aeronave, denominado veículo aéreo elétrico de pouso e decolagem vertical, o eVTOL (*Electrical Vertical Take-Off and Landing*). Observa-se, entretanto, que não se trata apenas do desenvolvimento de uma nova categoria de aeronave, mas um novo modelo de negócio que visa fornecer serviços de transporte aéreo urbano de uso compartilhado, inicialmente com aeronaves pilotadas, mas almejando alcançar os veículos aéreos autônomos num futuro próximo. No entanto, para que seja possível a introdução do novo veículo no mercado será necessário a implantação de uma ampla infraestrutura, tanto de controle de tráfego aéreo urbano, como o desenvolvimento de aplicativos para passageiros e a estruturação física dos *skyports*, resultando na criação de um novo setor, o de Mobilidade Aérea Urbana (*Urban Air Mobility - UAM*). Desta maneira, esta pesquisa visa identificar novas oportunidades de negócio que estão surgindo neste setor industrial nascente, analisando suas principais tecnologias e projetos, além de uma breve referência às políticas públicas relacionadas com regulação e incentivo ao desenvolvimento deste novo setor.

Palavras-chave: Indústria aeronáutica. Inovação. Mobilidade aérea urbana. Aeronave de decolagem e pouso vertical elétrica. Modelo de negócio.

Abstract

Currently, there is an increasing participation of disruptive technologies, with emphasis on information and communication technologies (ICTs), which include artificial intelligence, networks and the internet of things; in addition to the introduction of advanced materials and new forms of energy storage. These heterogeneous technologies in an integrated way allow the advancement of new solutions, resulting in new products and, consequently, new sectors. This advance in technological innovations has been impacting the aeronautical sector, leading to the development of a new aircraft model, called electric vertical landing and takeoff aerial vehicle, the eVTOL (Electrical Vertical Take-Off and Landing). It is observed, however, that it is not just the development of a new category of aircraft, but a new business model that aims to provide urban air transport services for shared use, initially with piloted aircraft, but aiming to reach autonomous aerial vehicles. in the near future. However, in order to be able to introduce the new vehicle on the market, it will be necessary to implement a wide infrastructure, both for urban air traffic control, as well as the development of passenger applications and the physical structuring of skyports, resulting in the creation of a new sector, Urban Air Mobility (UAM). In this way, this research aims to identify new business opportunities that are emerging in this nascent industrial sector, analyzing its main technologies and projects, in addition to a brief reference to public policies related to regulation and incentive to the development of this new sector.

Keywords: *Aeronautical industry. Innovation. Electrical Vertical Take-Off and Landing. Urban Air Mobility. Network orchestration.*

Introdução

O processo de urbanização, com ênfase na última metade do século XX, sucedeu em altas concentrações populacionais em um número reduzido de cidades. Um dos resultados da alta concentração populacional é a ampliação da frota de automóveis que se traduz na falta de mobilidade urbana (ANP, 2008).

Por consequência o alto número de veículos a combustão e o tempo gasto no trânsito afeta a saúde da população, podendo ser diretamente ligado a problemas respiratórios devido à poluição do ar, acidentes de trânsito e aos congestionamentos diários. O meio ambiente também é altamente afetado através das emissões de gases poluentes, sendo um dos principais contribuintes para as mudanças climáticas (WHO, 2020).

Felizmente, com uma revolução tecnológica em curso, inovações disruptivas vêm possibilitando o surgimento de novas soluções, entre estas a inteligência artificial, tecnologia de rede, internet das coisas, materiais avançados e armazenamento de energia. Estas inovações vêm impactando não apenas os mercados existentes, mas possibilitando a criação de novos produtos, por consequência, novos setores.

Desta maneira, as tecnologias mais recentes do mercado vêm possibilitando o surgimento de uma disruptiva categoria de transporte urbano, do veículo aéreo elétrico de decolagem e aterrissagem vertical, denominado *Vertical Take-Off and Landing* (eVTOL).

Assim, a mobilidade urbana aérea através do modelo de veículo eVTOL foi analisada e descrita através de cinco seções: i) a problematização da mobilidade urbana nas grandes cidades, que sobrecarregadas com o rápido crescimento do fluxo de pessoas e veículos, demanda soluções inovadoras; ii) conceitos e características do veículo eVTOL que têm potencial para oferecer novas alternativas para mobilidade nas grandes cidades; iii) descrição das inovações disruptivas que permitem o desenvolvimento do eVTOL e dos sistemas de Mobilidade Aérea Urbana (*Urban Air Mobility - UAM*); iv) análise da estrutura de Mercado do novo setor de UAM seguido da descrição dos projetos mais avançados; v) a participação do poder público e o novo setor de Mobilidade Aérea Urbana. Por fim, foram colocadas as considerações finais.

1. A problematização da mobilidade urbana das grandes metrópoles.

Com o passar dos anos, cada vez mais os centros urbanos estão sendo sobrecarregados com fluxo intenso de pessoas. A população urbana mundial cresceu rapidamente, em 1950 a população foi de 751 milhões de habitantes para 4,2 bilhões em 2018, sendo representado por 55% da população mundial em áreas urbanas – número que deve aumentar para 68% até 2050 (ONU, 2018).

A urbanização acelerada sobrecarrega a infraestrutura básica das cidades, elevando a necessidade de planejamento urbano para que comporte de forma equilibrada o alto número de habitantes. São Paulo é a quarta cidade entre as 10 mais populosas do mundo, além de ser também a quarta cidade com mais horas gastas em congestionamento (INRIX, 2017).

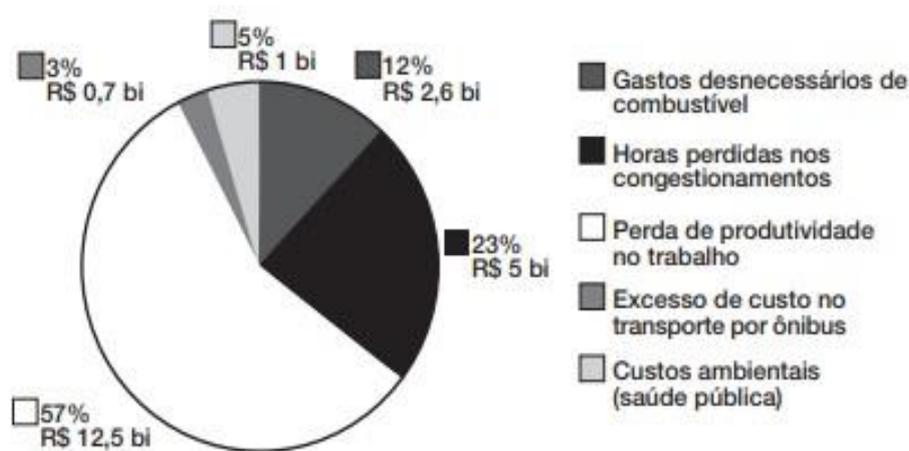
Tabela 01 – Lista das 10 cidades mais populosas no mundo (2020)

Classificação	Cidade	População
1	Tokyo	37.435.191
2	Delhi	29.399.141
3	Shanghai	26.317.104
4	São Paulo	21.846.507
5	Mexico City	21.671.908
6	Cairo	20.484.965
7	Dhaka	20.283.552
8	Mumbai	20.185.064
9	Beijing	20.035.455
10	Osaka	19.222.665

Fonte: worldpopulationreview (2020)

O crescimento rápido do número de habitantes nas grandes regiões metropolitanas faz com que estas enfrentem cada vez mais problemas relacionados com a mobilidade urbana não apenas dentro das grandes cidades, mas também no deslocamento entre as cidades de uma mesma região metropolitana. Observa-se um crescente aumento na lentidão dos deslocamentos, com crescentes e severos congestionamentos. Estes problemas se colocam de maneira ainda mais grave nos países que possuem limitações e deficiências no sistema público de transporte, como o caso do Brasil. Dessa forma as grandes cidades vêm demandando crescentes dispêndios em planejamento, infraestrutura viária e readequação da organização administrativa.

Gráfico 01 – Região Metropolitana de São Paulo: perdas devidas aos congestionamentos, (1999)



Fonte: Agência Nacional do Petróleo (1999)

Uma pesquisa realizada em 2019 pela empresa de serviço de aplicativo, 99 Taxi em parceria com o Instituto Ipsos demonstra que em média o brasileiro passa por dia 127 minutos no trânsito em grandes cidades, além de que considerando valor de combustível e os impactos em negócios, a falta de organização na mobilidade urbana pode custar de 1% do PIB brasileiro e até 17 % do PIB paulistano (Cintra, 2014). O gráfico da Agência Nacional do Petróleo (ANP) a seguir demonstra as perdas devido ao congestionamento na região metropolitana de São

Paulo, estimadas em cerca R\$ 22 bilhões de reais. Entre, destaca-se a perda de produtividade do trabalho, estimada em mais de R\$ 12 bilhões/ano.

A questão da mobilidade nos centros urbanos é uma adversidade principalmente nas grandes cidades, implicando em elevados custos para o conjunto da sociedade. Nos Estados Unidos foi estimado que em 2017 o congestionamento custou ao país US\$ 305 bilhões, além de que a *U.S Environmental Protection Agency* (EPA) aferiu que um veículo possa emitir em média 4,6 toneladas métricas de dióxido de carbono por ano.

A Comissão Europeia estima que os custos decorrentes dos congestionamentos equivalem a 4% do PIB europeu e por consequência do aumento nos volumes de tráfego, o relatório de saúde europeu da *World Health Organization* (WHO) aponta que o transporte é a fonte de CO² de combustíveis fósseis que mais cresce, expondo um ar de má qualidade que traz complicações a saúde. Na União Europeia cerca de 100.000 mortes prematuras por ano são atribuíveis à poluição do ar, sendo que as emissões do tráfego rodoviário correspondem à significativa parcela dessa carga (WHO, 2020).

O excesso de meios de transporte a combustão, particularmente os automóveis, resulta em uma população exposta à um nível elevado de poluição do ar, menos qualidade de vida e propensas a terem problemas de saúde. A Organização Mundial de Saúde (OMS), através de pesquisas anuais avalia, em âmbito mundial, as concentrações dos principais poluentes, sendo a maior parte deles emitidos por veículos a combustão. De acordo com a OMS, as megacidades ultrapassam os níveis de referência estipulados para qualidade do ar em mais de cinco vezes, representando um grande risco para a saúde das pessoas.

Além dos problemas diretamente associados à saúde, é importante ressaltar os impactos ao ecossistema, de acordo com o fórum de transporte internacional da *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD), os transportes privados e comerciais decorrentes de combustíveis fósseis são, dependendo do país, o segundo ou terceiro maior responsável pela emissão de CO² no mundo. Há estudos que apontam que a emissão por veículos deve dobrar nos próximos 30 anos mesmo em frente à meta de reduzir as emissões globais de carbono em 50% até 2050 (ANP, 2008).

No caso brasileiro, o relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo (MMA, 2017), estima que automóveis, veículos comerciais leves e motocicletas foram responsáveis por aproximadamente 92% das emissões de monóxido de carbono (CO), destacando-se os automóveis com 59% das emissões, ou seja, o padrão de mobilidade utilizado no Brasil está sobrecarregando o meio ambiente, trazendo a necessidade de novas formas de transporte, que sejam mais eficientes no aspecto energético e menos poluentes.

Para que as grandes metrópoles possam cumprir com o desenvolvimento sustentável é necessário criar soluções integradas e inovadoras, que permitam o desenvolvimento e difusão de meios de transporte sejam acessíveis, eficientes e ecológicos. Esta estratégia está inserida dentro de um conceito mais amplo, de “Cidades Inteligentes”, dado que estas buscam “fazer uso estratégico de infraestrutura e serviços e de informação e comunicação com planejamento e gestão urbana para dar resposta às necessidades sociais e econômicas da sociedade” (FGV Projetos, 2020).

2. eVTOL: Conceitos e características

Dentro do contexto acima apresentado e pensando em um transporte eficaz, seguro, rápido, silencioso e zero emissão de gases, está sendo desenvolvida um novo setor de transporte urbano de uso coletivo, denominado Mobilidade Aérea Urbana (*Urban Air Mobility* - UAM), que por sua vez está centrado no veículo aéreo elétrico de decolagem e aterrissagem vertical,

denominado *Vertical Take-Off and Landing* (eVTOL) e nos sistemas de controle de tráfego aéreo urbano que possibilitem a sua operacionalização. Este inovador projeto de veículo aéreo urbano vem ganhando cada vez mais apoio e dedicação das empresas, governos e pesquisadores para o tornar uma realidade próxima.

O eVTOL deverá ofertar um transporte urbano muito rápido e diferenciado, que diminuirá em grandes proporções o tempo de deslocamento, pois o veículo aéreo além de operar com mais velocidade, não há impasses como congestionamentos, passagem de pedestres, acidentes de trânsito, horários de picos, emissão de gases poluentes, entre outros (Uber Elevate, 2016).

O conceito e desenvolvimento do veículo aéreo urbano deve atender a uma série de especificações, entre elas: i) A segurança e certificação dos eVTOLs devem ser equivalentes a qualquer outra aeronave comercial, ou seja, são projetadas para atender a rigorosa demanda de segurança; ii) Para voar na cidade o taxi aéreo urbano deve ter baixas emissões de ruído para que não contribua com a poluição sonora das grandes cidades; iii) o veículo deve ser capaz de traçar as rotas de alto congestionamento mais populares da cidade em um tempo consideravelmente mais rápido que as alternativas de transporte terrestre; iv) oferecer um custo competitivo através das economias de escala; v) Design focado no conforto do usuário, como ruído da cabine, número de assentos, vibração e percepção de segurança (Volocopter, 2019).

Para que o eVTOL atenda essas demandas, ele deve comunicar-se através de redes para operar voos precisos, ter velocidade de cruzeiro de cerca de 240 km/h, alcance de aproximadamente 100 km/h, além de autonomia de três horas de viagem. Sua oferta será através de aplicativos de transporte urbano compartilhado e a princípio terá capacidade para até 4 passageiros, porém a longo prazo deverão se tornar autônomos (UBER, 2017).



Figura 1: Modelo de veículo Joby S4

O modelo mais próximo que temos na nossa realidade atual são os helicópteros, porém são muito poluentes, barulhentos e caros. O custo de hora voo de helicóptero é inviável para grande maioria das pessoas e quando é usado, não é recorrente. O valor desse transporte é elevado devido a dois fatores. Primeiro, a baixa quantidade produzida de aeronaves de asa rotativa (pequena escala) devido às limitações da tecnologia atual para operar um elevado número de helicópteros em uma área restrita como dos grandes centros urbanos. Em suma, o mercado hoje

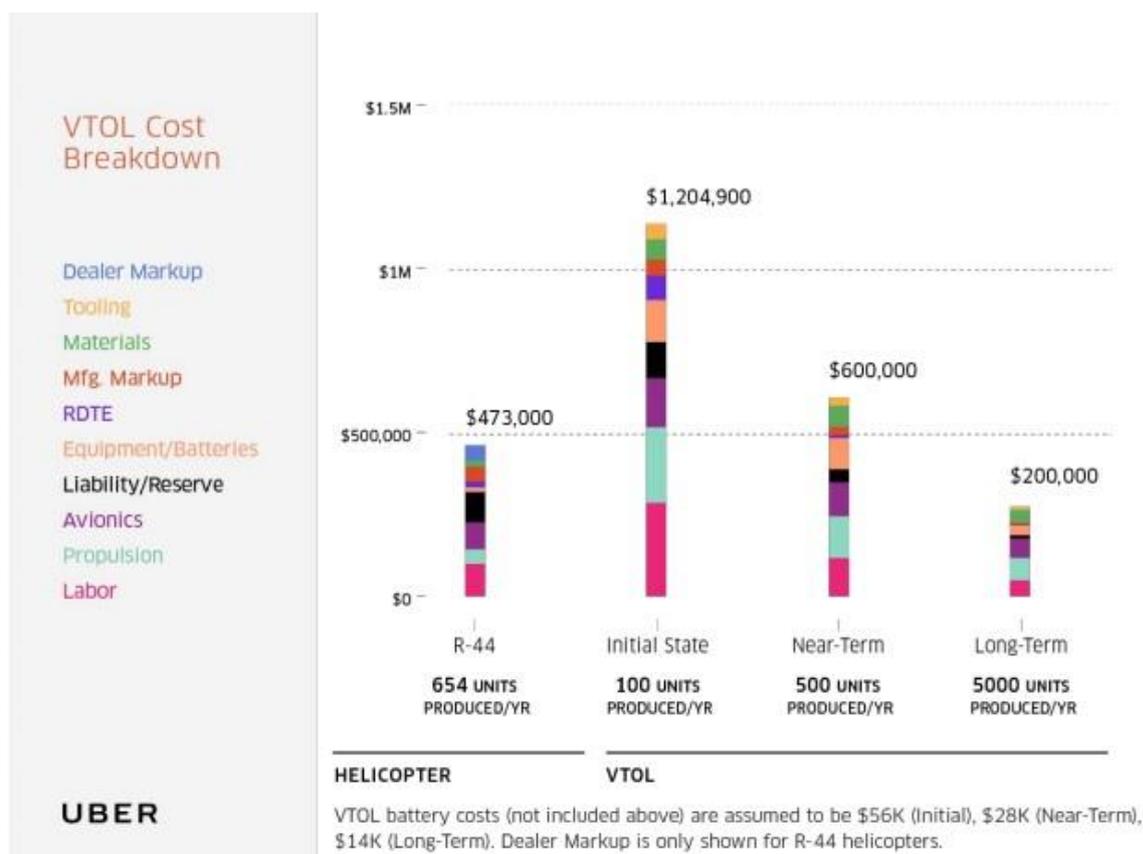
não comporta uma operação em grande escala. Segundo, os custos operacionais das aeronaves decorrentes, principalmente, do elevado consumo de combustível. Em razão disso o preço da hora de voo dos helicópteros é muito pouco acessível, o que torna esse transporte extremamente elitizado, com baixa demanda voltada quase que exclusivamente para um segmento de mercado específico que necessita de elevada mobilidade.

Dessa forma, o UAM pretende ofertar um veículo inovador que seja competitivo com os meios de transporte convencionais. A princípio, os custos do eVTOL serão elevados, porém o serviço de transporte será ofertado através de voos compartilhados em rotas regulares previamente estabelecidas onde os passageiros irão requisitar a viagem através de aplicativos e poderão ratear o preço dos voos.

Posteriormente, a ideia é que haja alto volume de produção, permitindo alcançar um custo por veículo consideravelmente mais baixo, de acordo com os dados apresentados pelo projeto Uber Elevate, o custo de fabricação do eVTOL será mais próximo a automóveis do que a helicópteros. Os custos não serão apenas impactados pela quantidade produzida anualmente, uma série de outros fatores impactam, como por exemplo mão de obra, matéria prima, investimentos e entre outros.

Como se trata de um mercado que ainda está se estruturando há grandes incertezas, porém o gráfico 2 mostra uma análise de sensibilidade que demonstra o impacto da quantidade produzida por ano versus custo, ainda que os volumes demandados e os custos de componentes sejam incertos, observa-se a perspectiva de uma intensa queda dos custos com a difusão dos eVTOLs (Uber Elevate,2016).

Gráfico 2 – Comparação entre os custos operacionais de helicópteros e eVTOL, 2016



Fonte: Whitepaper Uber Elevate (2016).

Como podemos ver, os custos de produção tendem a diminuir de maneira significativa e para que isso ocorra a inserção nos mercados globais será um diferencial competitivo para as empresas que irão atuar neste segmento, pois permite a oportunidade de produzir com maiores escalas produtivas e tecnológicas, fazendo com que os custos sejam menores e os preços tornem-se competitivos (Ferreira, 2017). Este é um movimento estratégico que, além do avanço tecnológico, permite melhor capacidade de negociação sobre os fornecedores, clientes e oferece oportunidade para mercados globais.

3. Inovações disruptivas e o desenvolvimento dos eVTOL

A inovação é uma forma primordial para as relações de mercado, altera os relacionamentos entre consumidores e produtores, fornecedores e a concorrência. O progresso tecnológico se expressa como propulsor fundamental na economia capitalista, elemento essencial para o desenvolvimento econômico, sendo assim essas inovações criadoras de novos produtos, modelos de negócio e novos mercados. Como descrito por Schumpeter (1985), “o processo de mutação industrial que revoluciona incessantemente a estrutura econômica a partir de dentro, destruindo incessantemente o antigo e criando elementos novos é chamado o chamado processo de destruição criadora” (Schumpeter 1985, p. 49).

No entanto, de acordo com Tigre (1998, p.105) “as novas ideias, a exemplo das inovações tecnológicas, não alcançam sucesso enquanto não surgem condições econômicas, sociais e inovações complementares adequadas à sua aceitação”. Sendo assim, o impacto da inovação não gira em torno apenas do produto, mas sim da rede de inovações complementares que movimentam diversos recursos, estruturando um mercado abrangente.

Atualmente, constata-se a introdução de um amplo conjunto de inovações disruptivas que apresentam um elevado grau de complementariedade entre si, resultando em profundas transformações nas estruturas existentes, que pode ser denominada com uma revolução industrial e tecnológica (Perez, 2002).

A revolução tecnológica em curso, também conhecida como Indústria 4.0, vem promovendo transformações em diversas áreas (Kagermann, 2016). Estas novas tecnologias disruptivas estão sendo utilizadas de forma combinada para enfrentar os desafios da mobilidade nos grandes centros urbanos, anteriormente destacados. Dentre as soluções que se colocam, destaca-se o objeto de estudo desta pesquisa, o desenvolvimento de uma nova categoria de veículo aéreo que visem atender o mercado urbano, o eVTOL.

A inserção do novo modelo de veículo aéreo de uso urbano não representa apenas a criação de um novo produto, pois traz consigo a necessidade de criação de infraestruturas adequadas para suas operações, desenvolvimento de redes de comunicação de dados com elevada capacidade, confiabilidade e segurança, criação de um novo modelo de negócio e a implementação de novas regulamentações. Não há nenhum outro veículo que esteja na mesma categoria, o eVTOL é o resultado da combinação de diversas inovações disruptivas, rompendo totalmente com os padrões existentes no mercado, é algo inédito que trará uma nova forma à mobilidade urbana.

Este novo setor de transporte urbano baseado em veículos aéreos de propulsão elétrica incorpora as mais avançadas tecnologias, tanto embarcadas, como as de infraestrutura, que serão complementares e necessárias para o desenvolvimento, produção e operação dos novos veículo, com destaque para as tecnologias da informação e comunicação (TIC), que englobam inteligência artificial, tecnologia de rede, internet das coisas. Ademais, cabe ressaltar a importância das inovações em materiais avançados, armazenamento de energia, entre outras. Como pode ser observado, as tecnologias empregadas são bastante heterogêneas, porém deverão se comportar de forma integrada uma a outra.

Dessa forma, vale destacar que a implementação apenas do veículo em si seria insustentável, por esse motivo as inovações complementares são fundamentais para que um modelo tão inovador consiga chegar no mercado com segurança e eficiência, para isso é apresentada uma breve descrição das novas tecnologias que devem possibilitar a implantação deste revolucionário setor de veículos aéreos urbanos de propulsão elétrica, como segue. *Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs)*

Conjunto de recursos tecnológicos integrados entre si que através das funções de hardware, software e telecomunicações promovem a automatização e interação dos produtos e processos. De acordo com Tigre (2006), as TIC são o núcleo dinâmico da atual revolução tecnológica.

As TIC são a ferramenta central das “cidades inteligentes”, permitindo a integração das informações dos órgãos públicos com as empresas responsáveis pela mobilidade urbana, obtendo uma visão conjunta sobre a inteligência e planejamento estratégico dos grandes centros urbanos, com foco no desenvolvimento urbano sustentável. Neste contexto, a implantação de uma nova modalidade de transporte urbano compartilhado, no caso do UAM, parte da necessidade que estes sejam integrados dentro das novas estratégias de infraestrutura das cidades, cooperação com os órgãos governamentais e interconexões com outros meios de transporte para que sejam economicamente viáveis e tecnologicamente compatíveis.

A partir das TIC, observa-se o avanço de algumas tecnologias disruptivas, que são fundamentais para o desenvolvimento do setor dos veículos aéreos urbanos, no caso a inteligência artificial, a internet das coisas e as novas tecnologias de rede. A seguir detalharemos cada uma delas.

Inteligência artificial (IA)

A inteligência artificial pode ser entendida como a capacidade de leitura e assimilação de informações descentralizadas através de um sistema de algoritmos matemáticos que conseguem assimilar e reagir aos dados de forma autônoma e racional, possibilitando a tomada de decisão semelhante ao humano (Bottino e Laurentini, 2001).

A inteligência artificial vem sendo utilizada nas aeronaves convencionais de forma crescente, como, por exemplo, a utilização dos dados produzidos pelos próprios sensores das aeronaves, podem apontar possíveis anomalias, fazendo com que haja a manutenção preditiva do veículo aéreo, tornando-o mais seguro e com menores custos.

No caso dos eVTOL, a inteligência artificial é a tecnologia chave para suas operações, particularmente para os voos autônomos. A inteligência artificial está presente, tanto na aeronave, como nos sistemas de controle de tráfego aéreo urbano, que necessitam ser construídos.

Por exemplo, uma das empresas que estão desenvolvendo um modelo de eVTOL é a brasileira Embraer, que também está investindo na gestão de tráfego aéreo urbano utilizando inteligência artificial. O sistema deverá entre outras funções, estabelecer mudança de rotas conforme mudanças climáticas, evitar potenciais conflitos e colisões e deverá entrar em operação em cerca de uma década (EMBRAER, 2019). A ideia é que os eVTOL iniciem como um sistema de pilotagem convencional e, posteriormente, migre para um sistema autônomo. Porém até que os veículos aéreos urbanos se tornem autônomos haverá muitas barreiras burocráticas, além da aceitação social dos consumidores.

Para que assim a inteligência artificial possa trabalhar de forma integrada e única no controle de trânsito aéreo é necessário que ela obtenha as informações a partir dos sensores e trabalhe em rede, de maneira que as informações se retroalimentem. *Internet das Coisas (IoT, do termo em inglês)*

Sensores microeletrônicos em equipamentos e componentes que são capazes de coletar um elevado volume de informações que são captadas, processadas através dos algoritmos da inteligência artificial e transmitidas aos atuadores.

As informações obtidas por estes sensores permitem acompanhar o desempenho das aeronaves otimizando a manutenção preventiva dos objetos, reduzindo os custos operacionais e aumentando a eficiência e segurança. A internet das coisas interligada a tecnologias de rede, e inteligência artificial são propulsores para o desenvolvimento de um sistema de pilotagem autônomo com elevado nível de segurança, que será implementado possivelmente em uma segunda fase, já que a intenção da maioria das empresas é introduzir a nova modalidade de veículo sendo pilotado e apenas depois de uma boa aceitação do público, o tornar autônomo (Ferreira, 2018).

Tecnologias de Rede

Integração de informações das aeronaves e destas com o conjunto do sistema. Desta maneira, podemos identificar essa tecnologia de duas formas, primeiramente a tecnologia de rede embarcada, sendo um elemento constitutivo na aeronave para a comunicação interna entre seus diferentes sensores e o controle da aeronave.

Segundo, as redes externas, criando um sistema de sistemas, com compartilhamento de informações amplas em tempo real, coordenado toda a operação das aeronaves aéreas de propulsão elétrica em uma determinada região metropolitana. Além de possibilitar a integração deste meio de transporte com os demais e com outros sistemas de planejamento e operação das cidades inteligentes.

Materiais avançados

A busca pela redução de peso e aumento da resistência tem sido um dos principais determinantes da evolução da indústria aeronáutica (Resende, 2007). No caso dos eVTOL é um fator ainda mais importante já que a sua alavancagem é vertical e necessita de muita energia, enquanto a propulsão elétrica não proporciona muito empuxo.

Neste sentido, o desenvolvimento dos eVTOL requer a capacidade de incorporar materiais inovadores de baixo peso e elevada resistência que deverão ser utilizados de maneira combinada, otimizando a capacidade técnica de cada um. É o caso por exemplo dos avanços técnicos em ligas metálicas de alumínio-lítio de terceira geração. Eric Roegner, presidente da Alcoa Forjados e Extrudados, subsidiária da Alcoa Inc, afirma que além da resistência à corrosão o novo material pode proporcionar a redução de peso da aeronave em até 10% e a diminuição em até 30% dos custos de produção e reparos.

De acordo com Ferreira (2018), há expectativa do uso crescente na indústria aeronáutica dos compósitos nanoestruturados que unem a tecnologia dos compósitos convencionais a nanocomponentes, com destaque aos nanotubos de carbono. Porém, este novo tipo de material deverá ser incorporado de forma gradual e indireta o novo setor, devido aos custos elevados e maturidade tecnológica no momento. *Armazenamento de energia*

A utilização da propulsão elétrica requer o aprimoramento da eficiência do armazenamento de energia em baterias recarregáveis potentes, como por exemplo baterias de Lítio. Assim, para o modelo eVTOL a bateria é uma questão crucial. Atualmente temos como um bom exemplo de aumento da eficiência de baterias de lítio, os automóveis elétricos da Tesla, que possuem a autonomia de mais de 300 quilômetros a cada recarga, porém as baterias podem chegar até 400 quilos (Tesla, 2006). No entanto, esse peso seria inviável para um veículo aéreo de pequeno porte e a recarga excessiva desgastaria a vida útil da bateria, elevando os custos.

Em suma, constata-se que na atualidade a tecnologia de armazenamento de energia vem sendo um gargalo tecnológico para a implantação do novo setor de veículos aéreos urbanos de propulsão elétrica. A evolução desta tecnologia ainda está indefinida e em desenvolvimento para que atenda às necessidades de maior autonomia.

4. Estrutura de Mercado do novo setor de Mobilidade Aérea Urbana

As tecnologias descritas acima são tecnologias de fronteira, ou seja, são novas no mercado, de baixa maturidade, requerem mão de obra altamente qualificada e demandam elevados investimentos, sendo assim, as tecnologias que ao mesmo tempo são muito avançadas, são extremamente complexas e incertas.

No que se diz respeito a novos produtos e seus respectivos processos, Utterback (1996) expressa a evolução tecnológica dividido em três fases, sendo a primeira a fase fluída, onde há uma alta taxa de inovação perante o produto, há muitas ideias e a criatividade é enfatizada, resultando em uma alta taxa de inovação. Antes que um modelo seja incorporado pelo mercado haverá ainda variadas vertentes do mesmo produto, pois cada empresa propõe projetos diferentes, isso ocorre, pois nenhuma empresa detém total domínio de produto, processos, tecnologia e canais de mercado, havendo facilidade também para a entrada de novas empresas (Utterback, 1996). Em um segundo momento, na fase transitória, as ideias ganham maturidade e os produtos adquirem características semelhantes, há mais ênfase na inovação de processo, busca por eficiência e por economias de escala.

Na fase seguinte, fase específica, quando há um projeto dominante que sintetiza um conjunto de características “é aquele que por definição adquire a fidelidade do mercado, aquele que os concorrentes e inovadores precisam adotar para terem pelo menos a esperança de dominar uma parcela significativa do mercado sucessor. O projeto dominante geralmente adquire a forma de um novo produto (ou conjunto de características) sintetizando a partir de inovações tecnológicas introduzidas de forma independente em variações do produto anteriores” (Utterback 1994, p. 26). Nesta fase, as empresas produzem modelos similares e concentram-se na sua capacidade produtiva, custo e distribuição. As empresas que não acompanharem este projeto dominante estarão propícias a sair do mercado (Utterback, 1996). Neste contexto, as empresas se afinam, resultando em um menor número de empresas com modelos semelhantes, a partir daí os clientes estão voltados à um projeto específico.

Atualmente, o eVTOL é um produto em desenvolvimento cujo setor produtivo se encontra em fase fluída, há muitas empresas com projetos distintos e inéditos e nenhuma delas ainda detém um projeto de melhor aceitação pelo mercado que irá nortear como será a concorrência.

Gráfico 3 - Abernathy-Utterback modelo de inovação de produto e processo



Fonte: Utterback (1996).

A criação de um novo mercado também requer a interação da comunidade para capturar a imaginação e facilitar o aprendizado do público. A inserção e aceitação social é necessária para que o projeto seja viável, por se tratar de um produto inédito com tecnologias também inéditas provavelmente haverá desconfianças e incertezas. É comum que os clientes de um novo produto e serviço ajam com cautela, já que esses clientes também são novos no mercado e serão os primeiros a testar o desconhecido (Christensen, 1997), porém espera-se que com o tempo o público aos poucos se acostume com o novo e o modelo entre nos padrões da normalidade e da segurança.

O setor UAM apresenta uma grande complexidade, dado que as empresas buscam incorporar novas ideias que abrangem as tecnologias mais recentes e eficientes do mercado, contudo, essas tecnologias apresentam baixa maturidade tecnológica e embora sejam heterogêneas, devem se comunicar de maneira integrada para atender este novo setor. Além da necessidade deste sistema integrado, as aeronaves são produtos complexos que exigem manutenções preditivas e segurança em todo seu processo. No caso do eVTOL, além da complexidade de desenvolver uma aeronave disruptiva, é necessário também a criação de *skyports* para pouso e decolagem segura dos veículos e passageiros, criação dos aplicativos para interação com os clientes e a cooperação com as instituições governamentais para viabilizar os projetos nas grandes cidades.

Desta maneira, as empresas buscam fazer alianças para o desenvolvimento de seus projetos uma vez que não conseguem assumir individualmente o amplo e heterogêneo conjunto de atividades necessárias à sua implementação. Neste caso, as estratégias mais eficientes envolvem a cooperação com outras empresas, incluindo concorrentes, fornecedores e clientes, além do poder público, em alguns casos inclusive compartilhando tecnologias e informações (Tigre, 2006).

O modelo tradicional de desenvolvimento de produtos e serviços através de sigilo na geração de inovações é denominado por Chesbrough como uma inovação fechada, método muito utilizado por empresas após a segunda guerra mundial, dentro de uma lógica de produtos e serviços que possam ser comercializados de forma independente. Contudo, os avanços das

tecnologias interligadas em rede, propiciadas pela TIC e aprofundadas pelas novas tecnologias disruptivas da Indústria 4.0, modificam os pressupostos das empresas que atuam nestes setores: i) nenhum departamento de pesquisa e desenvolvimento consegue obter por inteiro os profissionais mais qualificados, ii) as tecnologias avançadas podem vir de terceiros, não sendo necessariamente da área de P&D interna; iii) as empresas podem comercializar as tecnologias mesmo que não tenham sido as responsáveis pela sua criação; iv) o modelo de negócio é mais importante do que ser o primeiro no mercado; v) o uso estratégico e inteligente das ideias é melhor do que apenas criá-las; vi) as empresas devem saber comercializar a sua propriedade intelectual, assim como saber utilizar a de terceiros. (Chesbrough,2003; “apud” Ferro, 2010).

Desta forma, ao contrário do modelo tradicional nomeado como inovação fechada, a inovação aberta, apresenta o termo como um processo colaborativo em que a empresa irá buscar parceiros no ambiente externo, passando a fazer parte de um fluxo de envolvimento com clientes, institutos de pesquisa, órgãos públicos e outras empresas visando estabelecer um projeto dominante de eVTOL.

A seguir são apresentadas as principais empresas do setor UAM, aquelas que possuem os projetos mais avançados e que tendem a se viabilizar no longo prazo.

Uber Elevate e Joby

O Uber Elevate foi um dos projetos simbólicos para serem destacados, particularmente pela sua capacidade de coordenar a cooperação entre as instituições. A Uber é uma empresa estadunidense de serviços por aplicativo na área de transporte urbano privado, atuando em âmbito mundial. Fundada em 2009, atualmente a empresa é a líder mundial presente em 93 países e em mais de 900 cidades. A Uber possui participação de 65% do mercado dos Estados Unidos, Canadá, Europa, Austrália, Nova Zelândia, Oriente Médio e África (UBER, 2020). A entrada no setor de transporte aéreo urbano de uso compartilhado faz parte da sua estratégia de ampliar os serviços oferecidos. Cabe, no entanto, esclarecer que a Uber nunca teve a intenção de fabricar o veículo aéreo eVTOL, mas sim a de oferecer ao mercado o compartilhamento de viagens aéreas.

Neste sentido, em 2016 a Uber lançou o projeto Uber Elevate que unia e coordena a colaboração de fabricantes para o desenvolvimento da aeronave, institutos de pesquisa, investidores e o governo para impulsionar o setor com mais agilidade e clareza. O projeto compreende que há complexidade para que a aviação urbana de uso compartilhado seja implementada, sendo necessária a colaboração das organizações.

Com o propósito de facilitar a participação de possíveis fabricantes de aeronaves eVTOL, o time de Engenharia de Veículos da Uber liderado pelo engenheiro da NASA Mark Moore, desenvolveu modelos de referência comum eVTOL (eCRMs) para integração de design e nortear os fabricantes parceiros a criar aeronaves que atendam às especificações com foco na capacidade tecnológica, nos regulamentos das cidades e na segurança. Entre as especificações os fabricantes terão que prover em seus veículos velocidade 240 km/h, viagens de 3 horas em 40 quilômetros e capacidade para 1 piloto e 4 passageiros. Mark Moore afirma que os modelos de referência comum não são totalmente genéricos e apresentam tecnologias que a Uber pretende investigar com seus parceiros.

A empresa iniciou seu projeto junto a grandes parceiros com foco no desenvolvimento das aeronaves eVTOL, construídas especificamente para compartilhamento de viagens aéreas, que englobam as empresas: Aurora Flight Sciences (Boeing), Embraer X, Jaunt Air Mobility, Joby Aviation, Bell Helicopters, Karem Aircraft, Hyundai e Soluções Verticais Pipstrel. A Uber Elevate também tem parceiros com foco em pesquisas, desenvolvimento tecnológico e

regulamentação, sendo eles: NASA, Laboratório de Pesquisa do Exército dos EUA, ChargePoint, Instituto de Tecnologia da Geórgia, Hillwood, Aeronáutica de Sistemas Empíricos, Pesquisa Científica Aplicada, LaunchPointTechnologies, M4 Engineering, Molicel Energy Corp., Ecole Polytechnique e UT Austin.

Porém o que parecia ser um projeto multifacetado, no início Dezembro de 2020, a Joby Aviation adquiriu o Uber Elevate. As empresas concordaram em integrar seus respectivos serviços nos aplicativos uma da outra, entre viagens terrestres e aéreas para futuros clientes. Este acordo, de acordo com a Uber, permite que a empresa acelere o caminho para o mercado dessas tecnologias e move a equipe Elevate para Joby (UBER, 2021).

Nesse sentido a Joby se mostra forte no setor de Mobilidade Aérea Urbana, a Toyota aplicou cerca de US\$394 milhões na startup Joby Aviation (AEROIN, 2021), para que a mesma receba os recursos necessários capaz de solucionar os problemas de fabricação em larga escala e, a montadora irá apoiar compartilhando suas experiências e conhecimentos em manufatura, qualidade e controle de custos para o desenvolvimento. Além do mais, na rodada de investimentos a Joby recebeu em torno de US\$196 milhões, de investidores como Sparx Group, Inter Capital e Capricorn Investment Group e a Uber Technologies investiu US\$75 milhões, porém a Toyota é o principal investidor do projeto (STARTSE, 2020).

Embraer X

A indústria aeronáutica brasileira concentra-se na Embraer, que atua nos segmentos de aeronaves comerciais, executivas e militares. Em 2016, criou a Embraer X, uma subsidiária voltada especificamente para identificar negócios disruptivos e, a partir disso, permitir que a empresa diversifique sua atuação para novos segmentos de mercados que surgem a partir das inovações tecnológicas. A empresa trabalha juntamente com outra subsidiária da Embraer, a Atech, que desenvolve sistemas de controle de tráfego aéreo, para propiciar a implantação de todo setor UAM, incluindo suas estruturas tecnológicas.

O planejamento para 2030 está estruturado não apenas para o desenvolvimento do veículo, mas também de todo sistema de controle do espaço aéreo urbano, onde os eVTOL irão operar. Para viabilizar o projeto a Embraer X ressalta três motivos: i) a indústria deve colaborar com informações e envolvimento do público para que haja aceitação ii) mostrar clareza de maneira que as empresas recebem apoio governamental; iii) preparação de um bom ambiente operacional que possam atender em larga escala.

Apesar da Embraer ser a maior empresa brasileira no setor de alta tecnologia que atua de maneira global, o governo brasileiro ainda não se pronunciou sobre a possibilidade de políticas de suporte ao projeto eVTOL. A principal necessidade seria região metropolitana de São Paulo que, como visto anteriormente, demonstra as perdas devido ao congestionamento de aproximadamente R\$ 21,8 bilhões ao ano. Além do mais, a cidade de São Paulo tem uma das maiores frotas de helicópteros no mundo, que além de serem altamente poluentes, são elitizados e não possuem um sistema integrado para controle dos voos.

Em junho de 2021, anunciou parcerias com uma das maiores operadoras de helicópteros da América Latina, a companhia brasileira Helisul Aviation, e com a Halo, empresa de táxi aéreo e helicópteros presentes nos Estados Unidos e no Reino Unido.

Os dois acordos preveem a venda de 200 eVTOLs para Halo e 50 para um Helisul, um total de 250 veículos, as primeiras aeronaves serão entregues em 2026 (FAPESP, 2021).

Vale ressaltar que a Embraer é a maior empresa brasileira entre os setores de alta tecnologia, se destacando pelo mundo por sua excelência na fabricação de aviões, além de já trabalhar no

desenvolvimento de uma aeronave eVTOL, de seu sistema e operação aérea. A presença de seu projeto em São Paulo traria oportunidades de soluções para o tráfego aéreo, além de contribuir para a ativa inserção do Brasil em um novo e promissor setor de alta tecnologia.



Figura 2: Modelo de veículo Embraer X Eve

E-Hang

Fundada em 2014, a *startup* chinesa está se consolidando no mercado de eVTOL e traça uma trajetória que se destaca pela sua eficiência. A EHang trabalha com soluções comerciais para mobilidade aérea (transporte aéreo de produtos e pessoas), soluções de mídia aérea e gerenciamento de cidades inteligentes. Atualmente possuem seis modelos de Veículos Aéreos Autônomos (*Autonomous Air Vehicles, AAV*) não tripulados e tripulados e um sistema de gerenciamento aéreo urbano.

No final de 2012 a *startup* lançou seu primeiro protótipo como uma prova conceito de aeronave nomeada de EHang 184 demonstrando no nome do modelo a capacidade para 1 passageiro, 8 hélices em 4 braços respectivamente. Os outros dois modelos seguintes foram revelados em fevereiro de 2018, sendo o primeiro o EHang 216, com capacidade para 2 passageiros e que traz 16 hélices propulsoras por 16 motores independentes distribuídos em 8 braços, proporcionando maior robustez e segurança. O segundo modelo lançado em 2018, o EHang 116, segue o mesmo padrão de propulsão do EHang 216, porém possui capacidade para apenas um passageiro. O veículo é totalmente autônomo, pode carregar até 140 quilos, tem autonomia de 19 minutos e pode percorrer uma distância máxima de 31 quilômetros.

Atualmente, a EHang concentra seus esforços na instalação de capacidade produtiva para produção em série, com foco inicial na China, porém buscando também atingir o mercado internacional. No que se diz respeito da entrada da empresa chinesa no mercado internacional até o momento tem sido bem-sucedida. A EHang trabalhou juntamente com o *North Carolina Department of Transportation (NCDOT)* no primeiro evento público de demonstração de voo livre de uma aeronave elétrica autônoma na América do Norte, além disso foi também a primeira empresa chinesa a ter autorização da FAA para demonstração de voo não tripulado de um eVTOL nos EUA, e ainda almeja a autorização para voos tripulados. No cenário europeu a

EHang conseguiu uma licença operacional de voo em cidades da Espanha, Áustria e Noruega, demonstrando sua presença internacional crescente. Em Janeiro de 2021, a EHang aderiu ao projeto European Air Mobility Urban - Large Experimental Demonstrations (AMU-LED), que realizará os testes de voo na Holanda, Espanha e Reino Unido, os testes serão de 2020 a 2023 para por em prática a integração de aeronaves eVTOL. As empresas envolvidas neste teste de mobilidade aérea urbana incluem Airbus, AirHub, Altitude Angel, ANRA Technologies, Boeing Research & Technology-Europe, FADA-CATEC, Cranfield University, EHang, ENAIRE, Gemeente Amsterdam, INECO, ITG, Jeppesen, NLR, Space53 e Tecnia (EVTOL NEWS, 2021).

Desde o início a EHang vem trabalhando em estreita colaboração com o governo municipal de Guangzhou e, mais recentemente, com o governo nacional da China. Em 2019 a *Civil Aviation Administration of China* (CAAC) emitiu um guia de certificação para voos seguros, com o objetivo de avaliar a precisão de voos, os riscos operacionais, o espaço aéreo e formular padrões para o desenvolvimento do setor UAM e, na sequência, aprovou as operações comerciais da EHang para fins logísticos. Desta maneira, a EHang é a primeira empresa do mundo a ter certificação de uma autoridade nacional de aviação para logística aérea de cargas pesadas e teste para operações comerciais dos eVTOL.

Cabe destacar que no final de 2019, a EHang lançou sua oferta inicial pública (IPO) sendo, desde então, listada publicamente no Nasdaq Global Market, se tornando a primeira empresa de mobilidade urbana aérea de capital aberto do mundo.

De acordo com Huazhi Hu, CEO e fundador da Ehang. Hu também declarou: "Desde 2017, realizamos mais de 10.000 voos de teste com nossos AAVs (veículos aéreos autônomos) em 41 cidades e oito países. Nossos AAVs passaram por testes rigorosos com carga vazia, carga e passageiros. Muitas pessoas experimentaram os voos em nossos AAVs. " (EVTOL NEWS, 2021).



Figura 3: Modelo de veículo EHang 216

Vahana

O projeto *Vahana* iniciou-se em 2016 como um dos primeiros projetos da empresa A³ (*Acubed*), posto avançado de projetos e parcerias avançadas do grupo Airbus no vale do Silício da Califórnia. O grupo opera com fortes conceitos de inovação e metas desafiadoras.

A empresa busca fornecer um sistema capaz de entregar mais de 1 bilhão de horas de voo por ano e para que sua meta seja possível a empresa estipulou que a solução seria um veículo totalmente autônomo. O motivo é que para garantir um certificado de piloto de transporte aéreo comercial, cada um deles precisa ter acumulado mais de 1.200 horas de voo e vários anos de experiência, calculando o número de pilotos qualificados para o projeto e a sua meta de mais de 1 bilhão de horas voadas, não haveria oferta de pilotos suficientes. Assim a auto-pilotagem é a chave para a escalabilidade do *Vahana* (A³, 2017).

Portanto a aeronave será totalmente autônoma, deverá ser capaz de analisar, entender e interagir com o seu ambiente durante a decolagem, voo e pouso, garantindo à prevenção de colisões em outros objetos em diferentes condições climáticas, podendo desviar de sua rota caso seja necessário.

Assim, a Airbus *Unmanned Traffic Management* (UTM) também desenvolve um conjunto de serviços para o gerenciamento de tráfego aéreo não tripulado. A expectativa para o ambiente de transporte futuro é que o crescimento do tráfego aéreo contará com drones, helicópteros e eVTOLs em um mesmo ambiente, há necessidade de um sistema integrado que poderá se comunicar com vários fornecedores de serviço de maneira coordenada e segura. Os serviços UTM já são uma realidade, porém a transição completa para um sistema UTM ocorrerá em etapas de acordo com suas implementações e resultados (AIRBUS, 2019).



Figura 4 - O protótipo de tamanho real “*Alpha One*” já acumulou mais de 138 voos de teste em escala real no ano de 2019, sendo a maior duração de voo de 20 minutos.

Volocopter

A *startup* Volocopter, fabricante alemã de aeronaves, foi fundada em 2011, sendo a pioneira no segmento de aeronave de decolagem e aterrissagem vertical. Com mais de 8 anos de desenvolvimento do seu produto, a Volocopter acumulou mais de 1.000 voos teste e lança o seu serviço baseado em todos os processos da mobilidade urbana. A startup desenvolve o seu próprio aplicativo, construirá Voloports e está trabalhando em cooperação com a Fraport AG,

empresa alemã operadora do aeroporto de Frankfurt, e o *German Air Traffic Control* (DFS) para integrar o serviço de taxi aéreo ao aeroporto internacional.

A Volocopter é um dos projetos que demonstram factibilidade, em 2020 divulgou a pré-venda de suas viagens aéreas e serviços nomeadas de VoloCity. Ainda não há local e data exato para que os serviços sejam lançados, porém a um prazo de 2 a 3 anos para que o serviço de táxi aéreo entre em operação. A empresa não pretende vender a sua aeronave, mas sim entrar em negociações com os governos locais (cidades e regiões metropolitanas) ao redor do mundo para disponibilizar o seu serviço de mobilidade urbana, sendo que as primeiras cidades que Volocopter planeja lançar serviço de táxi aéreo serão Cingapura e Paris. No entanto a Volocopter também está buscando trazer serviços de táxi aéreo para os EUA, a Federal Aviation Administration (FAA), em Janeiro de 2021, aceitou o processo para iniciar a certificação das aeronaves sendo que as certificações que podem levar de dois a três anos (EVTOLNEWS, 2021).



Figura 5: Modelo de veículo aéreo Volocopter 2X

Lilium

A Lilium é uma *startup* alemã fundada em 2015, o primeiro protótipo em escala real de dois assentos nomeado de “*Eagle*” completou uma série de voos de teste não tripulado em 2017. Após os testes bem sucedidos a empresa avançou para protótipos em escala real para veículos de cinco assentos, sendo o seu primeiro voo teste em 2019. A aeronave está sendo projetada de acordo com os requisitos da *Special Condition vertical take-off and landing* (SC-VTOL) da *European Union Aviation Safety Agency* (EASA), sendo certificado na Europa e nos Estados Unidos pela FAA.

O veículo da Lilium se destaca pelos seus 36 motores independentes para que a possível falha de um motor não afete os motores adjacentes e além serem de 6 a 7 vezes mais silenciosa do que a decolagem de um helicóptero o Lilium Jet permite voos diretos de até 1 hora de velocidade máxima de 300 km/h, podendo não só transportar entre regiões urbanas de um mesmo local, mas entre cidades próximas também. De acordo com Daniel Wiegand o cofundador e CEO da Lilium “O objetivo é conectar centros de cidades em regiões inteiras com transporte de alta velocidade ecológico e acessível por uma fração do custo da infraestrutura terrestre tradicional” (Lilium, 2020).

O projeto da empresa também desenvolve um ecossistema eVTOL que conta com o controle de tráfego aéreo, operação de voo, manutenção e programação de aeronave, otimização de capacidade e desenvolvimento de aplicativo para passageiros (Lilium, 2020).

Em novembro de 2020, a empresa anunciou que gostaria de estabelecer serviços de longo alcance na Flórida, sendo que haveria construção de um vertiport em parceria com a Tavistock Development no projeto em Lake Nona perto de Orlando, a operação usaria a aeronave de cinco lugares da Lilium e está prevista para começar em 2025, busca a certificação sob as regras da EASA e FAA (AINONLINE, 2021).



Figura 6: Modelo de veículo Lilium Jet

Vertical

Em 2016, a Vertical Aerospace Ltd. foi fundada por Stephen Fitzpatrick, CEO da OVO Energy, com a visão de deixar mais sustentável às viagens aéreas utilizando a melhor tecnologia das indústrias aeronáutica, energética e automóvel. O Veículo é todo elétrico, fornecendo transporte aéreo sem emissões, o objetivo é energia renovável sempre que possível e trabalhar com fornecedores para lhes fornecer uma cadeia de fornecimento sustentável. Segue abaixo o ecossistema de parcerias da empresa.

Além disso, vale destacar também que a Gol Linhas Aéreas anunciou de que pretende comprar 250 e-VTOLs da Vertical entrando em serviço a partir de 2025. O VA-X4 terá alcance de 160 km e velocidade máxima de 320 km/h, o que significa que os passageiros podem viajar, por exemplo, de São Bernardo do Campo (SP) a Guarulhos (SP) ou de Belo

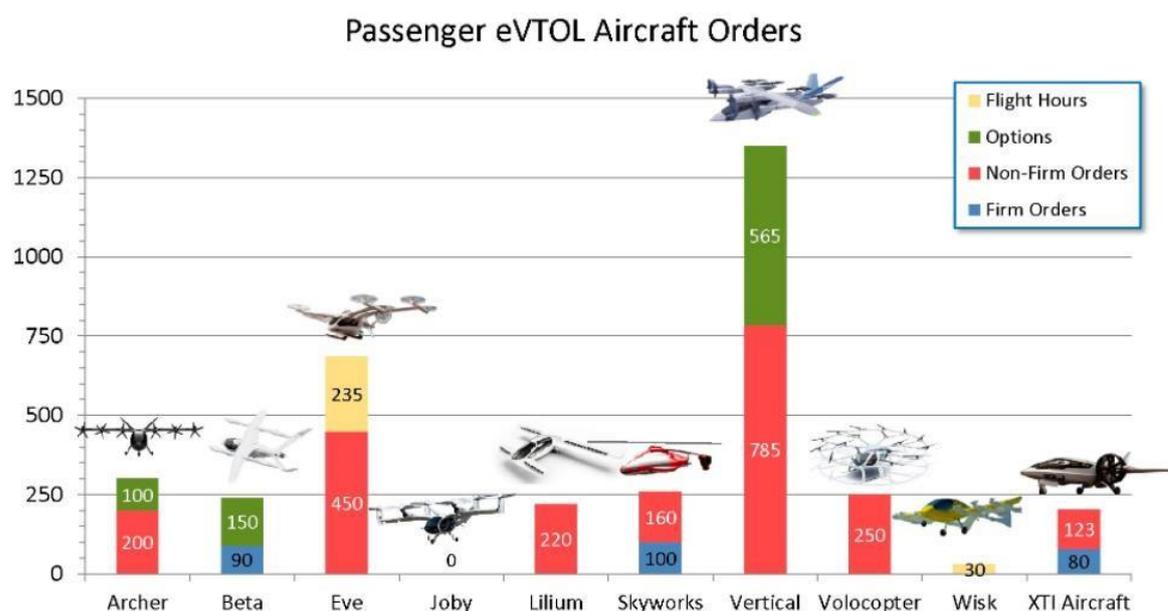
Horizonte a Confins (MG) em cerca de 6 minutos, de São Paulo a Campinas (SP) em 15 minutos (AEROIN.NET, 2021).



Figura 7: Parceiros de Ecosystema Vertical

A estrutura de mercado do novo segmento de veículos aéreos urbanos, abre espaço para empresas entrantes em função da baixa maturidade tecnológica das inovações disruptivas. Pode-se notar que três desses seis empreendimentos são advindos de *startups*, expressando a elevada capacidade das pequenas empresas de avançar nas inovações disruptivas em paralelo com grandes empresas (Ferreira, 2020). Por outro lado, em razão dos elevados custos de desenvolvimento, há uma tendência de que essas pequenas empresas sejam incorporadas ou parceiras de grandes grupos empresariais (Utterback, 1996) ou, então, que necessitem se alavancar financeiramente no mercado de capitais.

Gráfico 4 – Principais empresas do setor UAM e encomenda de aeronaves



Fonte: EVTOL NEWS, 2021.

5. O poder público e o novo setor de Mobilidade Aérea Urbana

O poder público vem tendo um papel fundamental para a implantação do setor UAM. Inicialmente através da participação minoritária dos governos locais em projetos capitaneados pelas empresas do setor. Entre estes, destacam-se a atuação de Dallas (EUA), Dubai (EAU) e Guangzhou (China). As cidades incentivam a implantação dos sistemas de transporte aéreo urbano de uso compartilhado, dentro de amplos projetos que visam a criação de *Smart City*.

Mais recentemente, tem se observado iniciativas dos governos nacionais, visando o suporte a implantação do setor UAM e do desenvolvimento local dos eVTOLs . A seguir, é apresentada a atuação da NASA, que vem tendo um papel cada vez mais decisivo na implantação dos eVTOLs, nos EUA. NASA

Nos EUA, a direção de missão de pesquisa aeronáutica da NASA tem grande envolvimento para a evolução do setor, está organizando uma campanha nacional de mobilidade aérea avançada (*Advanced Air Mobility National Campaign, ARMD*) para reunir empresas e organizações interessadas em desenvolver e demonstrar soluções integradas para a mobilidade urbana aérea através troca e a sinergia de informações entre os participantes.

O objetivo é que os veículos aéreos sejam testados em meio à cenários diversos, pois mesmo que voe com perfeição, não assegura que o transporte seja de confiança e pronto para ser inserido em meio a uma área urbana. Há uma série de fatores que são estruturais tanto fisicamente como tecnologicamente para que o veículo esteja apto a realidade, sendo necessário que todo o ecossistema funcione com harmonia e que esteja pronto para responder a incidentes, como pousos emergenciais, falhas mecânicas, desvio de rota, desvio de objetos, turbulência mecânica associada e a uma série de outras possíveis intervenções. Os dados coletados serão usados para identificar as barreiras de integração entre os veículos aéreos, comunicação de sistemas, infraestrutura aérea, infraestrutura terrestre e, posteriormente, implementação regulatória.

A Campanha Nacional da Nasa pretende que os esforços sejam uma cooperação de benefícios mútuos entre a assistência da Administração Federal de Aviação (*Federal Aviation Administration, FAA*) que estará diretamente ligada à segurança e regulamentação, a NASA e toda comunidade de mobilidade urbana aérea dos EUA, pois com ampla participação podem juntos desenvolver um conceito comum de operações (*UAM Concept of Operations - ConOps*) para o setor. Esse modelo deve integrar os procedimentos de voo, gerenciamento de tráfego aéreo, estruturas de comunicação e desempenho do veículo. O conceito comum facilitará a definição dos requisitos para a funcionalidade do veículo, tecnologias e sistemas para que assim a comunidade de veículos aéreos urbanos possa desenvolver juntos condições e padrões que irão impulsionar o setor.

Considerações Finais

Tendo em vista que aproximadamente 55% da população mundial vive áreas urbanas, número que deve aumentar para 68% até 2050, a concentração de muitas pessoas em um número reduzido de cidades, sobrecarrega a infraestrutura básica, que geram limitações e deficiências no sistema público de transporte urbano.

Porém a Indústria 4.0, revolução tecnológica em curso, vem promovendo transformações em diversas áreas que podem ser utilizadas para enfrentar os desafios da mobilidade nos grandes centros urbanos. Essas novas tecnologias que se destacam apresentam grandes incertezas pela

sua baixa maturidade tecnológica e embora sejam heterogêneas, precisam trabalhar de maneira integrada. Essas incertezas elevam os custos, incentivando que as empresas cooperem entre si para serem mais assertivas.

Neste contexto, surge uma nova categoria de transporte, os eVTOLs, pequenos veículos aéreos, com propulsão elétrica, criados para operar em áreas urbanas, de forma autônoma, dentro de rotas pré-determinadas. Por isso, requer a implantação de amplos e sofisticados sistemas de controle de tráfego aéreo. Desta maneira, mais do que a criação de uma nova categoria de produtos, um novo setor denominado *Urban Air Mobility* (UAM).

Sendo assim, podemos considerar que a criação do eVTOL é intrínseco a três principais fatores simultâneos e essenciais. Primeiramente ao desenvolvimento das tecnologias avançadas que devem ter capacidade para comunicar-se entre si, ou seja, mesmo operando de formas diferentes elas devem servir a um mesmo propósito, sendo suas informações e dados interligados. Essas tecnologias de fronteira permitem que as novas ideias, que antes não eram possíveis, possam se tornar reais.

Em segunda instância, na medida que as tecnologias ganham maturidade, as empresas cooperam, trocando informações, criando projetos e fomentando o mercado. Essa estratégia é dada pela complexidade e incerteza das inovações tecnológicas e infraestrutura, assim a interação entre elas através do processo de inovação conjunto possibilita o desenvolvimento de projetos completos e também no desenvolvimento mais assertivo de seus propósitos. Neste momento o setor se encontra em fase fluida de acordo com a teoria de Utterback, já que há uma grande variedade de projetos com características distintas e ainda não há um modelo de produto e negócio que sintetiza a preferência do mercado.

Por último, deve haver a participação governamental pois o veículo deve ser utilizado como um ecossistema integrado a um projeto mais amplo de mobilidade urbana das grandes cidades, ou seja, o governo deve apoiar as empresas entrantes propiciando dados, suporte ao desenvolvimento tecnológico e criando regulamentações para a segurança dos cidadãos, das companhias e das estruturas físicas da cidade. Vale ressaltar também que o apoio governamental é importante para envolvimento do público e sua aceitação, sendo necessário mostrar clareza que as empresas recebem apoio do governo e que há preparação de um bom ambiente operacional, podendo também ser utilizados dentro de amplos projetos que visam a criação de *Smart City*.

Desta maneira, constata-se que três fatores, avanço das tecnologias, cooperação entre as empresas e participação dos Estados (em diferentes níveis), são indispensáveis para que haja um ecossistema integrado que suporte a nova modalidade de veículo aéreo na inserção do produto no mercado.

Referências bibliográfica

ACUBED.AIRBUS. Exploring sense and avoid systems for autonomous vehicles. Disponível em: <https://acubed.airbus.com/blog/vahana/exploring-sense-and-avoid-systems-forautonomous-vehicles/>. Acesso em: 4 ago. 2020.

AIRBUS. What is Unmanned Traffic Management?. Disponível em: <https://www.airbus.com/newsroom/stories/what-is-unmanned-traffic-managementutm.html>. Acesso em: 21 ago. 2020.

AEROIN. Apoiada por Uber e Toyota, esta aeronave eVTOL já fez mais de 1.000 voos de testes. Disponível em: Apoiada por Uber e Toyota, esta aeronave eVTOL já fez mais de 1.000 voos de testes (aeroin.net). Acesso em: 17 Out. 2021.

- ALCOCK, Charles. Volocopter Moves To Enter U.S. eVTOL Air Taxi Market. Ainonline, 2021. Disponível em: <https://www.ainonline.com/aviation-news/businessaviation/2021-01-15/volocopter-moves-enter-us-evtol-air-taxi-market>. Acesso em: 4 jun. 2021.
- BRANCO, A. M. Os custos sociais do transporte urbano brasileiro. Revista dos Transportes Públicos, ANTP, São Paulo, n. 84, 1999.
http://fileserver.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/01/10/DBD CB305C07B-4077-BF99-789619B0CE4C.pdf.
- BETA SAM.GOV. Campanha Nacional da ARMD Advanced Air Mobility. Disponível em: <https://beta.sam.gov/opp/ae051acfa98347ef8184a778aace3f04/view?keywords=80afrc20armdnc-1>. Acesso em: 3 jul. 2020.
- BASSETO, Murilo. Conheça o veículo elétrico que a GOL Linhas Aéreas quer usar no Brasil. Disponível em: <https://www.aeroin.net/conheca-o-veiculo-eletrico-que-a-gollinhas-aereas-quer-usar-no-brasil/>. Acesso em: 05 de Out, 2021.
- CARVALHO, Isabella. STARTSE. Toyota lidera investimento de US\$ 590 milhões em projeto de táxis voadores. Disponível em: <https://www.startse.com/noticia/novaeconomia/toyota-investimento-projeto-taxis-voadores>. Acesso em: 04 out. 2021.
- CINTRA, M. Os custos dos congestionamentos na cidade de São Paulo. Textos para Discussão da Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getulio Vargas FGVEESP, 2014.
<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/11576/TD%20356%20%20Marcos%20Cintra.pdf>
- CETESB. Emissões Veiculares no Estado de São Paulo. São Paulo, 12/08. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wpcontent/uploads/sites/6/2019/02/Relat%C3%B3rio-Emiss%C3%B5es-Veiculares2017.pdf>. Acesso em: 02/05/2020.
- EURO.WHO. Data and statistics. Disponível em: <https://www.euro.who.int/en/healthtopics/environment-and-health/Transport-and-health/data-and-statistics>. Acesso em: 28 ago. 2020.
- EURO.WHO. Air Pollution and Climate change. Disponível em: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/Transport-andhealth/data-and-statistics/air-pollution-and-climate-change2>. Acesso em: 9 jul. 2020.
- ELETRIC VTOL NEWS. How EHang Built an eVTOL for the World. Disponível em: <https://evtol.news/news/how-ehang-built-an-evtol-for-the-world>. Acesso em: 03 jul 2020.
- EVTOL NEWS. Uber Announces Countries for Next Elevate City. Disponível em: <https://evtol.news/news/uber-announces-countries-for-next-elevate-city>. Acesso em: 17 jul. 2020.
- EVTOL NEWS. A³ Vahana. Disponível em: <https://evtol.news/a3-by-airbus/>. Acesso em: 9 mai. 2020.
- EVTOL NEWS. EmbraerX Eve. Disponível em: <https://evtol.news/embraer/>. Acesso em: 5 mai. 2020.
- EVTOL NEWS. Lilium Jet. Disponível em: <https://evtol.news/lilium/>. Acesso em: 9 mai. 2020.

- EVTOL NEWS. EHANG 216. Disponível em: <https://evtol.news/ehang-216/>. Acesso em: 20/05/2021.
- EVTOL NEWS. Volocopter VoloCity. Disponível em: <https://evtol.news/volocoptervolocity/>. Acesso em: 21/05/2021.
- EMBRAER X. Flight Plan 2030. An Air Traffic Management Concept For Urban Air Mobility, 2019. Disponível em: https://daflwcl3bnxyt.cloudfront.net/m/72d6ed98a71cb43f/original/200702_AF_EMB X_White_Paper_DM.pdf-. Acesso em: 17 jul. 2020.
- EMBRAERX. Urban Air Traffic Management. Disponível em: <https://embraerx.embraer.com/global/en/flightplan-2030>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- FERREIRA, M.J.B. Dinâmica da inovação da inovação e mudanças estruturais: um estudo de caso da indústria aeronáutica mundial e a inserção brasileira - Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 2009.
- FERRO, A.F.P. Gestão da inovação aberta: práticas e competências em P&D colaborativa. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil, 2010.
- GAZETA DO POVO. "Com ou sem carro, brasileiro gasta 127 minutos diários no trânsito"Leiamais em: <https://www.gazetadopovo.com.br/haus/urbanismo/com-ousem-carro-brasileiro-gasta-127-minutos-diarios-no-transito/> Copyright © 2020, Gazeta do Povo. Todos os direitos reservados.. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/haus/urbanismo/com-ou-sem-carro-brasileirogasta-127-minutos-diarios-no-transito/>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- GETTINGER, Dan. EVTOL.NEWS. Vertical, Eve Add Orders for Hundreds of Aircraft.Disponível em: Vertical, Eve Add Orders for Hundreds of Aircraft (evtol.news). Acesso em: 15/10/2021.
- INRIX. Los Angeles lidera a classificação global de congestionamento da INRIX. Disponível em: <https://inrix.com/press-releases/scorecard-2017/#:~:text=Based%20on%20the%20findings%2C%20the,of%20%241%2C445%20per%20driver1>. Acesso em: 11 out. 2019.
- JOBYAVIATION. The Future of Air Transportation. Disponível em: <https://www.jobyaviation.com/>. Acesso em: 19 jun. 2020.
- Kagermann, H./Anderl, R./Gausemeier, J./Schuh, G./Wahlster, W. (Eds.): Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for Cooperating with International Partners (acatech STUDY), Munich: Herbert Utz Verlag 2016.
- LILIUM. All-electric regional air mobility. Disponível em: <https://lilium.com/>. Acesso em: 11 jun. 2020.
- MARTINS S.; PEREIRA T.; PEREIRA T. “Gestão da Inovação no Desenvolvimento de Novos Produtos”. Anais do IV Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Dom Bosco, 2007.
- OECD – International Transport Forum. Research findings. Leipzig 28-30 may, 2008. PNUD - Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008.
- OPAS; OMS BRASIL. Nove em cada dez pessoas em todo o mundo respiram ar poluído. Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5654:no

- ve-em-cada-dez-pessoas-em-todo-o-mundo-respiram-ar-poluido&Itemid=839. Acesso em: 5 fev. 2020.
- OXFORD ECONOMICS. The Oxford Economics Global Cities 2030 (Executive Summary). Londres, Oxford Economics, 2018. Disponível em: <https://www.oxfordeconomics.com/Media/Default/landingpages/cities/OE-citiessummary.pdf>. Acesso em: ago.2020.
- PEREZ, C. Technological revolutions and financial capital: the dynamics of bubbles and golden ages. Cheltenham: Edward Elgar. 2002
- REZENDE, P.D.M.C. Fractografia de Compósitos Estruturais. Polímeros: Ciência E Tecnologia, São José dos Campos, v. 17, n. 3, p. 4-5, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/po/v17n3/003.pdf>. Acesso em: 27 set. 2019.
- SILVA, D.O.; BAGNO, R.B.; SALERNO, M. Modelos para a gestão da inovação: revisão e análise da literatura. Produção, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 477-490, 2014. DOI: 10.1590/s0103-65132013005000059. Acesso em: 15 dez. 2019.
- SCHUMPETER, J. (1985). Capitalismo, Socialismo e Democracia. Rio de Janeiro: Editora Zahar. Capítulos 7 e 8. (original de 1942).
- TESLA. A Bit About Batteries. Disponível em: https://www.tesla.com/pt_PT/blog/bit-aboutbatteries?redirect=no. Acesso em: 11 out. 2019.
- TIGRE, P.B. Inovação e teorias da firma em três paradigmas. Revista de Economia (Boareto, 2008) Contemporânea, n. 3, p. 67-105, 1998
- UN.ORG. 2018 Revision of World Urbanization Prospects. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-worldurbanizationprospects.html#:~:text=Cities%20ranking%20and%20mega%20cities,with%20around%202022%20million%20inhabitants>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- UTTERBACK, J.M. Dominando A dinâmica da Inovação. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 1996.ute
- UBER ELEVATE. Fast-Forwarding to a Future of on Demand Urban Air Transportation. Uber Elevate. 2020
- UBER ELEVATE. Fast-Forwarding to a Future of on Demand Urban Air Transportation. Uber Elevate. [S.l.]. 2016.
- UBER. 2020 investor presentation: Uber. [S.1], 06.2020. Disponível em: https://s23.q4cdn.com/407969754/files/doc_financials/2019/sr/InvestorPresentation_2020_Feb13.pdf. Acesso em: 27/07/2020
- UBER,2021. The future of urban mobility. Disponível em: <https://www.uber.com/us/en/elevate/>. Acesso em: 25/06/2021.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Greenhouse Gas Emissions from a Typical Passenger Vehicle. Disponível em: <https://www.epa.gov/greenvehicles/greenhouse-gas-emissions-typical-passengervehicle>. Acesso em: 20 mai. 2020.
- UOL. Por que a bateria ainda não deixa os aviões elétricos decolarem... - Veja mais em <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2018/09/28/bateria-e-o-desafio-paraavioes-eletricos.htm?cmpid=copiaecola>. Disponível em: <https://www.uol.com.br/tilt/noticias/redacao/2018/09/28/bateria-e-o-desafio-paraavioeseletricos.htm#:~:text=De%20qualquer%20forma%2C%20a%20densidade,s>

er%C3%A3o%20vi%C3%A1veis%20para%20voos%20curtos.. Acesso em: 30 abr. 2020.

VOLOCOPTER. We Bring Urban Air Mobility To Life. Disponível em:

<https://www.volocopter.com/en/>. Acesso em: 21 ago. 2020.

VASCONCELOS, Yuri. Embraer anuncia venda de 250 carros voadores. Fapesp, 2021.

Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/embraer-anuncia-venda-de-250carros-voadores/>. Acesso em: 10/06/2021.